

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-317453

(43)Date of publication of application : 16.11.1999

(51)Int.Cl.

H01L 21/768

H01L 21/203

(21)Application number : 10-272612

(71)Applicant : SEIKO EPSON CORP

(22)Date of filing : 09.09.1998

(72)Inventor : ASAHINA MICHIO  
TAKEUCHI JUNICHI  
MORIYA NAOHIRO  
MATSUMOTO KAZUMI

(30)Priority

Priority number : 09286036  
10 67868Priority date : 02.10.1997  
03.03.1998

Priority country : JP

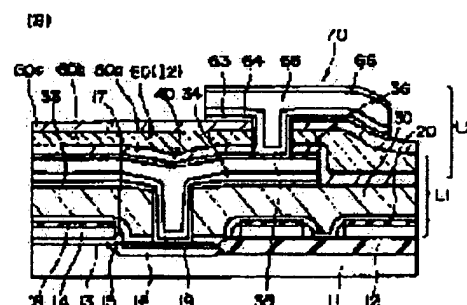
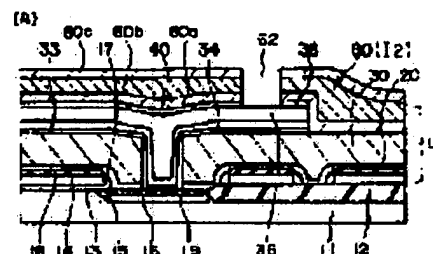
JP

## (54) SEMICONDUCTOR DEVICE AND MANUFACTURE THEREOF

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a semiconductor device without voids and breaking of wires and having superior step coverage using an aluminum alloy for the conductive material in a via hole, and to provide a manufacturing method of the semiconductor device.

**SOLUTION:** A via hole 62 is formed on a second interlayer insulating film 12 consisting of a silicon oxide film and formed on a substrate, at least on a layer of the wiring region located above the second layer, and by performed heat treatment at 300 to 550° C under a decompression state the gasified component contained in the interlayer insulating film is removed. A wetting layer 63 is formed on the surface of the interlayer insulating film 12 and the via hole 62, is cooled down to 100° C or lower, and the first aluminum film 64 is formed on the wetting layer 63 at a temperature of 200° C. The second aluminum film 65 is formed thereon at a temperature of 300° C or higher.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

06.08.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3033564

[Date of registration]

18.02.2000

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 素子を含む半導体基板および多層の配線領域を有する半導体装置であって、第2層以上の配線領域の少なくとも1層は、熱処理によってガス化成分が除去された層間絶縁膜、前記層間絶縁膜に形成されたビアホール、前記層間絶縁膜および前記ビアホールの表面に形成されたウェットング層、および、前記ウェットング層の上に形成された、アルミニウムあるいはアルミニウムを主成分とする合金からなるアルミニウム膜、を含むことを特徴とする半導体装置。

【請求項2】 請求項1において、前記ウェットング層は、チタンまたはジルコニウムからなることを特徴とする半導体装置。

【請求項3】 素子を含む半導体基板および多層の配線領域を有する半導体装置の製造方法であって、第2層以上の配線領域の少なくとも1層は、以下の工程(a)ないし(f)を含むことを特徴とする半導体装置の製造方法。

(a) 基体の上に形成された層間絶縁膜にビアホールを形成する工程、(b) 減圧下において、300～550℃の基板温度で熱処理することにより、前記層間絶縁膜に含まれるガス化成分を除去する脱ガス工程、(c) 前記層間絶縁膜および前記ビアホールの表面にウェットング層を形成する工程、(d) 基板温度を100℃以下に冷却する工程、(e) 前記ウェットング層の上に、200℃以下の温度で、アルミニウムあるいはアルミニウムを主成分とする合金からなる第1のアルミニウム膜を形成する工程、および、(f) 前記第1のアルミニウム膜の上に、300℃以上の温度で、アルミニウムあるいはアルミニウムを主成分とする合金からなる第2のアルミニウム膜を形成する工程。

【請求項4】 請求項3において、前記工程(e)および(f)でのアルミニウム膜の形成は、スパッタ法で行われることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項5】 請求項3または4において、前記工程(e)および(f)でのアルミニウム膜の形成は、同一チャンバー内で連続的に行われることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項6】 請求項3ないし5のいずれかにおいて、前記工程(d)、(e)および(f)は、減圧状態が保たれている複数のチャンバを有する同一の装置内で連続的に行われることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項7】 請求項3～6のいずれかにおいて、前記工程(e)および(f)でのアルミニウム膜の形成は、前記基板が載置されるステージの温度を制御することにより行われることを特徴とする半導体装置の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体装置およびその製造方法に関し、特に微細化が可能であって、かつアルミニウムを用いたコンタクト構造を有する半導体装置およびその製造方法に関する。

## 【0002】

【背景技術】LSIなどの半導体装置においては、素子の微細化、高密度化および多層化に伴い、アスペクト比の大きい接続用スルーホール、すなわちコンタクトホールおよびビアホールが必要とされている。このような接続用スルーホールへの配線材料の埋め込みは難しく、近年、重要な技術的課題となっている。ところで、配線材料として有用なアルミニウムあるいはアルミニウム合金によって接続用スルーホール内を埋め込むことが試みられている。

【0003】そのための技術として、例えば、特開昭64-76736号公報に開示された技術がある。この技術においては、まず、150℃以下の温度においてアルミニウムあるいはアルミニウム合金を堆積させ、次いでアルミニウムまたはアルミニウム合金をバイアススパッタによって堆積させ、2ステップでアルミニウム膜を接続用スルーホールに埋め込む製造方法が開示されている。

【0004】この技術によれば、第1層目のアルミニウム膜を比較的均一に堆積させることができ、カバレッジ性がかなり改善されるものの、ボイドなどの発生により接続用スルーホール内の導電部において断線部が発生する問題については十分に改善されたとはいえない。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、接続用スルーホール、特にビアホール内の導電物質としてアルミニウムあるいはアルミニウム合金を用い、ボイドや断線などの発生がなく、ステップカバレッジが優れたコンタクト構造を有する半導体装置、およびその製造方法を提供することにある。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】本発明の半導体装置の製造方法は、素子を含む半導体基板および多層の配線領域を有する半導体装置の製造方法であって、第2層以上の配線領域の少なくとも1層は、以下の工程(a)ないし(f)を含むことを特徴とする。

【0007】(a) 基体の上に形成された層間絶縁膜にビアホールを形成する工程、(b) 減圧下において、300～550℃の基板温度で熱処理することにより、前記層間絶縁膜に含まれるガス化成分を除去する脱ガス工程、(c) 前記層間絶縁膜および前記ビアホールの表面にウェットング層を形成する工程、(d) 基板温度を100℃以下に冷却する工程、(e) 前記ウェットング層の上に、200℃以下の温度で、アルミニウムあるいは

アルミニウムを主成分とする合金からなる第1のアルミニウム膜を形成する工程、および、(f)前記第1のアルミニウム膜の上に、300℃以上の温度で、アルミニウムあるいはアルミニウムを主成分とする合金からなる第2のアルミニウム膜を形成する工程。

【0008】この半導体装置の製造方法における特徴のひとつは、工程(b)において特定の条件下で前記層間絶縁膜に含まれるガス化成分を除去する工程(脱ガス工程)を含むことにある。この脱ガス工程を経ることにより、後の工程、例えば、300℃以上の高温条件下で行われる第2のアルミニウム膜の形成工程などにおいて、層間絶縁膜に含まれる水、窒素、酸素あるいは酸素などのガスの発生を抑制することができる。ここで、層間絶縁膜は特に限定されるものではないが、例えば、シラン化合物としてテトラエトキシシラン(TEOS)を用いた化学気相成長(CVD)膜、TEOSのCVD膜、SiO<sub>2</sub>膜およびTEOSのCVD膜を積層した多層膜、シリコン化合物と過酸化水素の重縮合反応によって得られるシリコン酸化膜などを例示できる。

【0009】本願発明者らによれば、このような層間絶縁膜から発生するガスは、ウェットング層に吸収され、かつビアホール内のアルミニウム膜には吸収されないことが確認されている。従って、工程(b)により層間絶縁膜に含まれるガス化成分をアルミニウム膜の成膜前に予め除去することにより、このようなガスがウェットング層と第1のアルミニウム膜との間に存在することによる、ウェットング層の濡れ性の低下やボイドの発生を確実に抑制することができる。その結果、ビアホール内にカバレッジが良好で低抵抗のアルミニウム膜からなるコンタクト部を形成することができる。

【0010】ここにおいて、「ガス化成分」とは、例えば、減圧下において、基板温度が300℃以上の時に、堆積層、すなわち層間絶縁膜あるいはウェットング層から発生する水、酸素、窒素あるいは窒素などのガス成分をいう。また、「減圧下」とは、好ましくは2.6Pa以下、より好ましくは1.3Pa以下の気圧をいう。

【0011】また、本発明においては、前記工程(d)において、基板温度を100℃以下、好ましくは常温～50℃に冷却する。この工程(d)で基板温度を冷却することにより、第1のアルミニウム膜を成膜する前に基板温度を十分に下げることができる。前記工程(b)の脱ガス工程で基板温度を300℃以上の高温にするため、この工程(d)で基板温度を確実に低下させることにより、以後の工程(e)での温度調節を確実に行うことができる。また、この工程を経ることにより、第1のアルミニウム膜を成膜する際に、層間絶縁膜およびウェットング層、さらにウエハ全面から放出されるガス量を極力少なくすることができる。その結果、ウェットング層と第1のアルミニウム膜との界面に吸着する、カバレッジ性や密着性に有害なガスの影響を防ぐことがで

きる。

【0012】そして、前記工程(e)において、前記ウェットング層の上に、200℃以下、好ましくは30～100℃の温度で、第1のアルミニウム膜を形成することにより、前記層間絶縁膜およびウェットング層に含まれるガス化成分をガス化させることを抑制でき、ウェットング層から外部に発生するガスによるウェットング層の濡れ性の低下を防止することができる。その結果、第1のアルミニウム膜をウェットング層に対して良好に密着させることができ、ステップカバレッジの良い成膜が可能である。

【0013】そして、この第1のアルミニウム膜があることにより、基板の温度が上がったとしても、第1のアルミニウム膜より下層の層間絶縁膜およびウェットング層からのガスの発生を抑制することができるため、第2のアルミニウム膜の成膜工程(f)において、比較的高い温度、すなわちアルミニウムあるいはアルミニウム合金が流動拡散できる程度の高い温度、具体的には300℃以上、好ましくは350～450℃で第2のアルミニウム膜を形成することができる。

【0014】このように、工程(e)において比較的低温の温度で第1のアルミニウム膜を形成する工程、および工程(f)において比較的高い温度で第2のアルミニウム膜を形成することにより、ボイドの発生がなく良好なステップカバレッジのビアホールへの埋め込みが可能となる。さらに、本発明の製造方法は、0.6μm以下のビアホールに適用できることが確認されている。

【0015】前記工程(e)および(f)におけるアルミニウム膜の成膜は、スパッタ法が望ましく、さらに第1のアルミニウム膜および第2のアルミニウム膜は同一チャンバ内で連続的に行われることが望ましい。このようにアルミニウム膜の成膜を同一チャンバ内で連続的に行うことにより、基板温度のコントロールが容易であると共に、雰囲気制御なども正確にすることができ、第1のアルミニウム膜の表面に酸化膜が形成されるなどの不都合を回避することができる。そして、基板温度は、基板が載置されるステージの温度を制御することにより設定される。

【0016】また、前記工程(d)、(e)および(f)は、減圧状態が保たれている複数のチャンバを有する同一の装置内で連続的に行われることが好ましい。これにより、基板の移動、設置の工程の減少が図られ、その結果、工程の簡便化および基板の汚染を防止することができる。

【0017】以上のような製造方法によって形成された半導体装置は、素子を含む半導体基板および多層の配線領域を有する半導体装置であって、第2層以上の配線領域の少なくとも1層は、熱処理によってガス化成分が除去された層間絶縁膜、前記層間絶縁膜に形成されたビアホール、前記層間絶縁膜および前記ビアホールの表面に

形成されたウェット層、および、前記ウェット層の上に形成された、アルミニウムあるいはアルミニウムを主成分とする合金からなるアルミニウム膜、を含むことを特徴とする。

【0018】この半導体装置においては、熱処理によってガス化成分が除去された層間絶縁膜を有することを特徴とし、上述したように、良好なステップカバレッジのアルミニウム膜からなるコンタクト部を有する。

【0019】さらに、本発明におけるビアホールは、異方性のドライエッチングによって形成されたものの他に、等方性のウェットエッチングと異方性のドライエッチングとを組み合わせるビアホールの上端部を適度にテーパ状に形成させたものであってもよい。例えば、このタイプのビアホールであって、下部の異方性のドライエッチングによって形成された部分の口径が0.5~0.8 $\mu$ mで、アスペクト比が0.5~3の場合には、第2のアルミニウム膜を300~350℃で成膜できるため、高温仕様でない一般的なスパッタ装置を使用できるので、実用上きわめて有用である。

【0020】

【発明の実施の形態】図1(A)~(C)および図2(A), (B)は、本発明に係る半導体装置の製造方法および半導体装置の一実施の形態を説明するための概略断面図である。図1(A)~(C)は第1層の配線領域L1を、図2(A), (B)は第2層の配線領域L2を製造するための工程を示す。

【0021】以下に、半導体装置の製造方法の一例を示す。

【0022】(A)図1(A)に示す工程について説明する。

【0023】(素子の形成) まず、一般的に用いられる方法によって、シリコン基板11にMOS素子が形成される。具体的には、例えば、シリコン基板11上に選択酸化によってフィールド絶縁膜12が形成され、アクティブ領域にゲート酸化膜13が形成される。チャネル注入により、しきい値電圧を調整した後、SiH<sub>4</sub>を熱分解して成長させたポリシリコン膜の上にタングステンシリサイドがスパッタされ、さらにシリコン酸化膜18を積層し所定パターンにエッチングすることにより、ゲート電極14が形成される。このとき、必要に応じて、フィールド絶縁膜12上にポリシリコン膜およびタングステンシリサイド膜からなる配線層37が形成される。

【0024】次いで、リンをイオン注入することによりソース領域あるいはドレイン領域の低濃度不純物層15が形成される。次いで、ゲート電極14のサイドにシリコン酸化膜からなる側壁スペーサ17が形成された後、ヒ素をイオン注入し、ハロゲンランプを用いたアニール処理によって不純物の活性化を行うことにより、ソース領域あるいはドレイン領域の高濃度不純物層16が形成される。

【0025】次に、100nm以下の気相成長シリコン酸化膜を成長させ、HFとNH<sub>4</sub>Fの混合水溶液で選択的にエッチングすることにより、所定のシリコン基板領域を露出させる。続いて、例えばチタンを30~100nm程度の膜厚でスパッタし、酸素を50ppm以下に制御した窒素雰囲気中において650~750℃の温度で数秒~60秒程度の瞬間アニールを行うことにより、開口したシリコン基板表面にチタンのモノシリサイド層が、シリコン酸化膜18上にはチタンリッチのTiN層が形成される。次いで、NH<sub>4</sub>OHとH<sub>2</sub>O<sub>2</sub>の混合水溶液中に浸漬すると、前記TiN層はエッチング除去されてシリコン基板表面のみにチタンのモノシリサイド層が残る。さらに、750~850℃のランプアニールを行って、前記モノシリサイド層をダイシリサイド化させて、高濃度不純物層16の表面に自己整合的にチタンシリサイド層19が形成される。

【0026】なお、ゲート電極14をポリシリコンのみで形成して選択エッチングで露出させた場合には、ゲート電極とソース、ドレイン領域の両者が側壁スペーサで分離されたチタンシリサイド構造になる。

【0027】(B)次に、図1(B)に示す工程について説明する。

【0028】(第1の層間絶縁膜の形成) 第1の層間絶縁膜I1として、まず、テトラエトキシラン(TEOS)と酸素とをプラズマ反応させることにより、膜厚100~200nmのシリコン酸化膜20が形成される。このシリコン酸化膜20は、シリサイド層19の酸化やカスピングもなく、SiH<sub>4</sub>から成長させた膜より絶縁性も高くフッ化水素の水溶液に対するエッチング速度も遅く、緻密な膜となる。

【0029】ここでは、チタンシリサイド層19上に直接シリコン酸化膜を形成させるが、このときの成膜温度が高いと成膜初期に酸化性ガスとチタンシリサイドとが簡単に反応してクラックや剥離を生じ易いため、処理温度は好ましくは600℃以下、より好ましくは250~400℃で行うことが望ましい。そして、シリコン酸化膜がチタンシリサイド層19上に100nm程度の膜厚で前述した比較的低温で形成された後は、水蒸気以外の酸化雰囲気さらされるアニールや気相酸化処理であれば、温度を900℃位まで上げて問題とならない。

【0030】次に、第1の層間絶縁膜I1として、前記シリコン酸化膜20上に、SiH<sub>4</sub>あるいはTEOSなどのシラン化合物と、酸素やオゾン等と、リンおよびホウ素とを含むガスを気相反応させることにより、膜厚数百nm~1 $\mu$ m位のBPSG膜30が形成される。その後、窒素雰囲気中で800~900℃のアニールを行い、高温フローによる平坦化を行う。なお、BPSG膜30の高温フローを行う代わりに、一般的に用いられるSOG膜を用いて平坦化を行うこともできる。

【0031】(コンタクトホールの形成) 次いで、CH

$F_3$ と $CF_4$ とを主ガスとした反応性イオンエッチャーで層間絶縁膜を構成するBPSG膜30およびシリコン酸化膜20を選択的に異方性エッチングすることにより、口径が0.2~0.5 $\mu m$ のコンタクトホール32が形成される。

【0032】(C)次に、図1(C)に示す工程について説明する。

【0033】(脱ガス処理)まず、本発明が特徴とする脱ガス工程を含む熱処理について説明する。

【0034】ランプチャンバで、 $1 \times 10^{-4}$  Pa以下のベース圧力、150~250℃の温度で30~60秒間のランプ加熱(熱処理A)を施す。次いで、別のチャンバで0.1~1.0 Paの圧力でアルゴンガスを導入し、300~550℃の温度で、30~120秒間の熱処理(脱ガス工程;熱処理B)を行うことによって、脱ガス処理を行う。

【0035】この工程においては、まず、熱処理Aにおいて、主として、ウエハの裏面および側面を含むウエハ全体を加熱処理することにより、ウエハに付着している水分などを除去できる。

【0036】さらに、熱処理Bにおいて、主として、第1の層間絶縁膜11を構成するBPSG膜30中のガス化成分(O, H,  $H_2O$ , N)を除去することができる。その結果、次工程のバリア層およびアルミニウム膜の形成時に、BPSG膜からのガス化成分の発生が防止できる。

【0037】本実施の形態においては、バリア層33は、バリア機能を有するバリア膜と、導電膜とからなる多層膜によって構成される。導電膜は、高抵抗のバリア膜とシリコン基板に形成された不純物拡散層、つまりソース領域あるいはドレイン領域との導電性を高めるために、バリア膜と不純物拡散層との間に形成される。バリア膜としては、一般的な物質、例えばチタン、コバルトなどのナイトライドを好ましく用いることができる。また、導電膜としては、チタン、コバルトなどの高融点金属を用いることができる。これらのチタンおよびコバルトは基板を構成するシリコンと反応してシリサイドとなる。

【0038】バリア層、例えばTiN膜/Ti膜は数十原子%のガス化成分(O, H,  $H_2O$ , N)を固溶することから、これらの膜を形成する前に、層間絶縁膜11のBPSG膜30中のガス化成分を除去することが、コンタクトホール内でのアルミニウム膜の成膜を良好に行う上で、極めて有効である。バリア層の下位のBPSG膜中のガス化成分を十分に除去しておかないと、バリア層の形成時の温度(通常、300℃以上)で、BPSG膜中のガス化成分が放出され、このガスがバリア層中に取り込まれる。さらに、このガスがアルミニウム膜の成膜時にバリア層から離脱してバリア層とアルミニウム膜との界面に出てくるため、アルミニウム膜の密着性や流

動性に悪影響を与える。

【0039】(バリア層の成膜)スパッタ法により、バリア層33を構成する導電膜として、チタン膜を20~70 nmの膜厚で形成し、次いで、別のチャンバで、バリア膜としてTiN膜を30~150 nmの膜厚で形成する。スパッタの温度は、膜厚に応じて、200~450℃の範囲で選択される。

【0040】次に、10~100 Paの圧力で酸素プラズマ中に10~100秒間さらし、450~700℃の窒素または水素雰囲気中で10~60分間にわたってアニール処理することにより、バリア層中に酸化チタンを島状に形成することができる。この処理によりバリア層のバリア性を向上させることができることを確認している。

【0041】また、このアニール処理は、少なくとも数百ppm~数%の酸素を含むランプアニール炉における400~800℃の熱処理によっても行うことができ、同様にバリア層のバリア性を向上させることができる。

【0042】(アルミニウム膜の成膜前の熱処理)まず、ウエハの冷却を行う前に、ランプチャンバ内において、 $1 \times 10^{-4}$  Pa以下のベース圧力、150~250℃の温度で30~60秒間の熱処理(熱処理C)を行い、基板に付着した水などの物質を除去する。

【0043】(ウエハの冷却)アルミニウム膜を成膜する前に、基板温度を100℃以下、好ましくは常温~50℃の温度に下げる。この冷却工程は、上記熱処理により上昇した基板温度を下げるために重要なものである。

【0044】このように、ウエハの冷却を行うことにより、第1のアルミニウム膜を成膜する際に、BPSG膜30およびバリア層33、さらにウエハ全面から放出されるガス量を極力少なくすることができる。その結果、バリア層33と第1のアルミニウム膜34との界面に吸着する、カバレッジ性や密着性に有害なガスの影響を防ぐことができる。

【0045】この冷却工程は、アルミニウム膜を成膜するための同一の構成のチャンバを複数有するスパッタ装置を兼用して行われることが望ましい。例えばスパッタ装置内における水冷機能を有するステージ上に基板を載置して該基板温度を所定温度まで下げることが望ましい。以下に、この冷却工程について詳述する。

【0046】図3(a)は、水冷機能を有するステージを含むスパッタ装置の一例の模式図を、図3(b)は、ステージの一例の平面図を示す。

【0047】このスパッタ装置は、同一の構成のチャンバ50を複数備えたものである。チャンバ50内に、電極をかねるターゲット51およびステージをかねる電極52を有し、電極52上には冷却される基板(ウエハ)Wが設置されるように構成されている。チャンバ50には、チャンバ内を真空にするための排気手段60およびアルミニウムをスパッタリングする際にガスをチャンバ

内に供給する第1のガス供給路53が設けられている。電極52は、ウエハWを電極52上に載置した際に、電極52とウエハWとの間に所定の空間が生じるように、具体的には図3(b)のように、電極52の上面の外周部分に沿って、突起状の支持部52aが設けられている。さらに、電極52には、第2のガス供給路54が接続され、熱伝導媒体としてのガス、たとえばアルゴンガスは、第2のガス供給路54から、電極52とウエハWとの間の空間に供給される。また、電極52は、ウエハWを冷却するための冷却システムの役割も兼務している。電極52は、冷媒供給路56から供給される冷媒、たとえば水の還流により一定温度に調節される。電極52の上面は、たとえば図3(b)に示すように、前記空間に均一にガスを供給させるため、所定のパターンで溝58が形成され、溝が交差する部分に第2のガス供給路の吹き出し口54aが設けられている。

【0048】上記のスパッタ装置は以下のように動作して、ウエハを冷却する。

【0049】チャンバ内を排気手段60により $6 \times 10^{-6}$  Pa以下の真空にした状態において、電極52の支持部52a上にウエハWを載置する。電極52とウエハW間の熱伝導媒体としての役割を果たすガスを、第2のガス供給路54から、電極52とウエハWとの間の空間に導入し、該空間の圧力を600～1000 Paに保ち、かつ、該空間からチャンバ内に漏出したガスを排気手段60で排気しながら、ウエハWを冷却する。

【0050】ウエハWを冷却をする際、冷却効率を保つために電極52とウエハWとの間の空間に、ある程度の圧力が必要である。つまり、ウエハWの冷却効率を高めるためには、電極52とウエハWとの間の熱コンダクタンスを向上させる必要があり、この向上のためには、電極52とウエハWとの間の空間のガス（熱伝導媒体）の圧力を高める必要がある。

【0051】基板の冷却方法として、真空チャンバにおいて、チャンバ内の冷却機構を有するステージ上に基板を載置して冷却を行う方法が考えられる。この冷却工程によると、ステージと基板との間の空間に直接にガスを供給するのではなく、該空間の圧力をチャンバ内の圧力に依存させるため、ステージと基板との間の空間の圧力を高めるためには、チャンバ内の圧力を高める必要がある。しかし、冷却効率を高めるために、チャンバ内の圧力を高めると、それだけチャンバ内のガス分子が増すので、ウエハWの上面がガス分子によって汚染され易くなるという事態が生じ、それによりアルミニウムのリフローを害し、ボイドの発生および配線の高抵抗化につながることがある。逆にウエハの汚染を防止するため、チャンバ内の圧力を低くすると、ウエハとステージとの間の空間の圧力も低下し、これによりウエハとステージとの間の熱コンダクタンスが低下し、その結果、冷却効率に悪影響が及ぼされることになる。

【0052】上記した本実施の形態の冷却工程によれば、電極52とウエハWの離面との間にガスを流入させ、それにより電極52とウエハWとの間の空間の圧力を確保するため、該空間の圧力は、チャンバ内の圧力から独立して制御できる。このため、基板とステージとの間の熱伝導媒体の確保の観点から、チャンバ内の圧力を、前記空間の圧力と独立して、圧力 $1 \times 10^{-3} \sim 0.1$  Paまで抑えることができる。これにより、ガス分子による基板の上面の汚染を確実に防止することができ、その結果、アルミニウムのリフロー性の向上および低抵抗化がもたらされる。さらに、チャンバ内の圧力を高めることなく、前記空間の圧力を、600～1300 Paの範囲に設定することができるために、熱コンダクタンスが向上し、冷却効率を高めることができる。このように、この冷却工程によれば、ウエハWと電極52との間の空間の圧力を高めつつ、チャンバ内の圧力を下げることができるので、基板の汚染を防ぎながら、良好な冷却効率を得ることができる。

【0053】（アルミニウム膜の成膜）まず、200℃以下、より好ましくは30～100℃の温度で、0.2～1.0重量%の銅を含むアルミニウムを膜厚150～300 nmでスパッタによって高速度で成膜し、第1のアルミニウム膜34が形成される。続いて、同一チャンバ内で基板温度420～460℃に加熱して、同様に銅を含むアルミニウムをスパッタにより低速度で成膜し、膜厚300～600 nmの第2のアルミニウム膜35が形成される。ここで、アルミニウム膜の成膜において、「高速度」とは、成膜条件や製造されるデバイスの設計事項によって一概に規定できないが、およそ10 nm/秒以上のスパッタ速度を意味し、「低速度」とは、およそ3 nm/秒以下のスパッタ速度を意味する。

【0054】アルミニウムのスパッタは、前述のウエハの冷却の際に用いられたスパッタ装置内で行われる。このように、真空雰囲気が保たれた同一の装置内で冷却工程およびアルミニウムの成膜の工程を行うことにより、基板の移動、設置の工程の減少が図られ、その結果、工程の簡便化および基板の汚染を防止することができる。

【0055】ここで、第1のガス供給路53および第2のガス供給路54からは、いずれもアルゴンガスが供給される。そして、第2のガス供給路54から供給されるガスによって、ウエハWの温度が制御される。

【0056】このようなスパッタ装置を用いて基板温度をコントロールした一例を図4に示す。図4において、横軸は経過時間を示し、縦軸は基板（ウエハ）温度を示す。また、図4において、符号aで示すラインはスパッタ装置のステージ52の温度を350℃に設定したときの基板温度変化を示し、符号bで示すラインは第2のガス供給路54を通して高温のアルゴンガスをチャンバ内に供給することによってステージ52の温度を高めていったときの基板温度の変化を示している。



【0057】例えば、基板の温度制御は以下のように行われる。まず、ステージ52の温度は、予め、第2のアルミニウム膜を形成するための温度（350～500℃）に設定されている。第1のアルミニウム膜を形成するには、第2のガス供給路54からのガスの供給はなく、基板温度はステージ52による加熱によって、図4の符号aで示すように徐々に上昇する。第2のアルミニウム膜を形成するには、第2のガス供給路54を介して加熱されたガスが供給されることによって図4の符号bで示すように、基板温度は急激に上昇し、所定の温度で一定になるように制御される。

【0058】図4に示す例では、ステージ温度が350℃に設定され、そして、基板温度が125～150℃に設定されている間に第1のアルミニウム膜34が成膜され、その後すぐに第2のアルミニウム膜35の成膜が行われる。

【0059】アルミニウム膜の成膜においては、成膜速度および基板温度制御とともに、スパッタ装置に印加されるパワーの制御も重要である。つまり、成膜速度とも関連するが、第1のアルミニウム膜34の成膜は高いパワーで行われ、第2のアルミニウム膜35は低いパワーで行われ、さらに高いパワーから低いパワーに切り換える際にパワーをゼロにしないことが重要である。パワーをゼロにすると、減圧下においても第1のアルミニウム膜の表面に酸化膜が形成され、第1のアルミニウム膜に対する第2のアルミニウム膜の濡れ性が低下し、両者の密着性が悪くなる。言い換えれば、パワーを常に印加することにより、成膜中のアルミニウム膜の表面に活性なアルミニウムを供給し続けることができ、酸化膜の形成を抑制できる。なお、パワーの大きさは、スパッタ装置や成膜条件などに依存し一概に規定できないが、例えば図4に示す温度条件の場合、高パワーが5～10kW、低パワーが300W～1kWに設定されることが望ましい。

【0060】このように、同一チャンバ内で第1のアルミニウム膜34および第2のアルミニウム膜35を連続的に成膜することにより、温度およびパワーの制御を厳密に行うことができ、従来よりも低温でかつ安定したアルミニウム膜を効率よく形成することが可能となる。

【0061】前記第1のアルミニウム膜34の膜厚は、良好なステップカバレッジで連続層を形成することができること、並びに該アルミニウム膜34より下層のバリア層33および層間絶縁膜を構成するBPSG膜30からのガス化成分の放出を抑制できることなどを考慮して、適正な範囲が選択され、例えば200～400nmが望ましい。また、第2のアルミニウム膜35は、コンタクトホール62の大きさ並びにそのアスペクト比などによって決定され、例えばアスペクト比が3程度で0.5μm以下のホールを埋めるためには、300～1000nmの膜厚が必要である。

【0062】（反射防止膜の成膜）さらに、別のスパッタチャンバで、スパッタによりTiNを堆積することにより、膜厚30～80nmの反射防止膜36が形成される。その後、Cl<sub>2</sub>とBCl<sub>3</sub>のガスを主体とする異方性ドライエッチャーで前記バリア層33、第1のアルミニウム膜34、第2のアルミニウム膜35および反射防止膜36からなる堆積層を選択的にエッチングして、第1の金属配線層40のパターニングを行う。

【0063】このようにして形成された金属配線層40では、アスペクト比が0.5～3で、口径が0.2～0.8μmのコンタクトホール内において、ボイドを発生させることなく良好なステップカバレッジでアルミニウムが埋め込まれることが確認された。

【0064】（D）次に、図2（A）に示す工程について説明する。

【0065】（第2の層間絶縁膜の形成）第2の層間絶縁膜I2として、前記第1の金属配線層40が形成された基体、すなわち、MOS素子が形成されたシリコン基板11ならびに第1の層間絶縁膜I1および第1の金属配線層40からなる第1の配線領域L1上に、3層のシリコン酸化膜からなる層間絶縁膜60を形成する。層間絶縁膜60は、SiH<sub>4</sub>あるいはTEOSなどのシラン化合物と、酸素やオゾン、N<sub>2</sub>O等を含むガスを気相反応させることにより形成された、膜厚100～200nmの第1のシリコン酸化膜（ベース層）60a、100Pa以下の減圧下で窒素ガスをキャリアとして、SiH<sub>4</sub>とH<sub>2</sub>O<sub>2</sub>とを反応させて形成された、膜厚500～800nmの第2のシリコン酸化膜60b、および、前記第1のシリコン酸化膜60aと同様にして形成された、膜厚200～500nmの第3のシリコン酸化膜60cからなる。

【0066】ここで、前記第2のシリコン酸化膜60bは、モノシラン、ジシラン、SiH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>、SiF<sub>4</sub>、CH<sub>3</sub>SiH<sub>3</sub>などの無機シラン化合物、およびトリプロピルシラン、テトラエトキシシランなどの有機シラン化合物から選択される少なくとも1種のシリコン化合物と、過酸化水素とを、10℃以下の温度で減圧CVD法によって反応させることにより形成することができる。前記第2のシリコン酸化膜60bは、それ自体で高い流動性を有し、優れた自己平坦化特性を有する。

【0067】（ビアホールの形成）次いで、CHF<sub>3</sub>とCF<sub>4</sub>とを主ガスとした反応性イオンエッチャーで第2の層間絶縁膜60（I2）および反射防止膜36を選択的に異方性エッチングすることにより、口径が0.2～0.5μmのビアホール62が形成される。

【0068】（E）次に、図2（B）に示す工程について説明する。

【0069】（脱ガス処理）まず、本発明が特徴とする脱ガス工程を含む熱処理について説明する。

【0070】ランプチャンバで、1×10<sup>-4</sup>Pa以下の

ベース圧力、150～250℃の温度で30～60秒間のランプ加熱（熱処理D）を施す。次いで、別のチャンバで0.1～1.0Paの圧力でアルゴンガスを導入し、300～550℃の温度で、30～120秒間の熱処理（脱ガス工程；熱処理E）を行うことによって、脱ガス処理を行う。

【0071】この工程においては、まず、熱処理Dにおいて、主として、ウエハの裏面および側面を含むウエハ全体を加熱処理することにより、ウエハに付着している水分などを除去できる。

【0072】さらに、熱処理Eにおいて、主として、第2の層間絶縁膜I2中のガス化成分（O, H, H<sub>2</sub>O, N）を除去することができる。その結果、次工程のウェットング層およびアルミニウム膜の形成時に、層間絶縁膜I2からのガス化成分の発生が防止できる。

【0073】本実施の形態においては、ウェットング層、例えばTi膜は数原子%のガス化成分（O, H, H<sub>2</sub>O, N）を固溶することから、この膜を形成する前に、第2の層間絶縁膜I2中のガス化成分を除去することが、ビアホール内でのアルミニウム膜の成膜を良好に行う上で、極めて有効である。ウェットング層の下位の層間絶縁膜I2中のガス化成分を十分に除去しておかないと、ウェットング層の形成時に、層間絶縁膜I2中のガス化成分が放出され、このガスがウェットング層中に取り込まれる。さらに、このガスがアルミニウム膜の成膜時にウェットング層から離脱してウェットング層とアルミニウム膜との界面に出てくるため、アルミニウム膜の密着性や流動性に悪影響を与える。

【0074】（ウェットング層の成膜）スパッタ法により、ウェットング層63を構成する膜として、例えばチタン膜を20～70nmの膜厚で形成する。スパッタの温度は、好ましくは100℃以下、より好ましくは25℃以下である。

【0075】ウェットング層63の形成方法は、ビアホール62でのアルミニウム膜の埋込に極めて重大な影響を与える。その理由は、以下のようである。ビアホール62内に形成される第2のアルミニウム膜65は、420～460℃の高い温度でスパッタによって成膜される。その際に、ビアホールの上部でのウェットング層が厚いと、ウェットング層を構成する物質とアルミニウムとが反応して両者の化合物あるいは合金（例えば、ウェットング層がチタンからなるときは、アルミニウム-チタン合金）が形成されて、ビアホールの上端部がこの化合物あるいは合金によって塞がれ、いわゆるピンチオフの状態を発生する。このピンチオフ状態では、第2のアルミニウム膜の成膜中にビアホールの内部へのアルミニウムの流動が阻害されて、アルミニウム膜にボイドが発生しやすい。

【0076】このようなボイドの発生を防止するには、ウェットング層63の膜厚は、ビアホール62のボトム

およびその付近では厚く、それ以外のビアホール62の上端部および側壁部では薄く形成されることが望ましい。このように膜厚が制御されたウェットング層63を形成するには、コリメータスパッタ法やロングスロースパッタ法を採用することが好ましい。本願発明者らによれば、これらの方法によってウェットング層を形成することによって、口径が0.2μmでアスペクト比が3以上（3～6）のビアホールで、ピンチオフおよびボイドの発生がなく、良好なアルミニウム膜の成膜ができることを確認している。

【0077】（アルミニウム膜の成膜前の熱処理）まず、ウエハの冷却を行う前に、ランプチャンバ内において、1×10<sup>-4</sup>Pa以下のベース圧力、150～250℃の温度で30～60秒間の熱処理（熱処理F）を行い、基板に付着した水などの物質を除去する。

【0078】（アルミニウム膜の成膜前のウエハの冷却）アルミニウム膜を成膜する前に、基板温度を100℃以下、好ましくは常温～50℃の温度に下げる。この冷却工程は、ウェットング層63のスパッタ時に上昇した基板温度を下げるために重要なものである。

【0079】このようにウエハの冷却を行うことにより、第1のアルミニウム膜64を成膜する際に、第2の層間絶縁膜I2およびウェットング層63、さらにウエハ全面から放出されるガスを極力少なくすることができる。その結果、ウェットング層63と第1のアルミニウム膜64との界面に吸着する、カバレッジ性や密着性に有害なガスの影響を防ぐことができる。

【0080】この冷却工程は、この冷却後に行われるアルミニウム膜の成膜をするためのスパッタ装置を兼用して行われることが望ましい。また、この冷却工程においても、図3（a）に示したようなスパッタ装置を用いることができ、前述した、バリア層の表面にアルミニウムを成膜する前に行われる冷却工程と同じ理由から、該工程と同様な工程をとることが望ましい。これにより、ウエハWと電極52との間の空間の圧力を高めつつ、チャンバ内の圧力を下げることができるので、基板の汚染を防ぎながら、良好な冷却効率を得ることができる。

【0081】（アルミニウム膜の成膜）まず、200℃以下、より好ましくは30～100℃の温度で、0.2～1.0重量%の銅を含むアルミニウムを膜厚150～300nmでスパッタによって高速度で成膜し、第1のアルミニウム膜64が形成される。続いて、同一チャンバ内で基板温度420～460℃に加熱して、同様に銅を含むアルミニウムをスパッタにより低速度で成膜し、膜厚300～600nmの第2のアルミニウム膜65が形成される。ここで、アルミニウム膜の成膜において、「高速度」とは、成膜条件や製造されるデバイスの設計事項によって一概に規定できないが、およそ10nm/秒以上のスパッタ速度を意味し、「低速度」とは、およそ3nm/秒以下のスパッタ速度を意味する。

成膜工程(第3のチャンバ)におけるタイミングを示し、符号eは第3のチャンバ内にウエハを入れた直後の時、符号fは第1のアルミニウム膜を成膜した直後の時、および符号gは第2のアルミニウム膜を成膜した直後の時、を示す。第3のチャンバでは、気圧は0.27 Paに設定されている。そして、分圧を測定する際には、チャンバの気圧を $2.7 \times 10^{-6}$  Paまで減圧した。

【0098】図5および図6から、第2の層間絶縁膜I2の成膜後であってウェットング層63の成膜前に脱ガス処理を行うことにより、その後の熱処理およびアルミニウム膜の成膜時に、水および窒素がほとんど発生しないことが確認された。これに対し、前記脱ガス工程を経ない場合には、その後の熱処理、特に符号bで示す熱処理Fの時に、水および窒素が共に多量に放出されていることがわかる。

【0099】なお、第1の配線領域L1においても、図5および図6に示す結果とはほぼ同じ実験結果を得ている。

【0100】(2)アルミニウム膜の成膜前における、ウエハの冷却工程の有無によって、アルミニウムの成膜にどのような影響がもたらされるかを調べるために実験を行ったところ以下の知見が得られた。なお、アルミニウムの成膜は、ビアホールのアスペクト比3.18、層間絶縁膜の膜厚1148 nmの条件において行った。図8(a)は、ウエハを熱処理Fの温度120℃から20℃に冷却した後に、アルミニウムを成膜した場合における、ウエハの断面の電子顕微鏡写真から求めた図を示し、図8(b)は、ウエハを冷却せずに、120℃でアルミニウムを成膜した場合におけるウエハの断面の電子顕微鏡写真から求めた図を示す。

【0101】ウエハを冷却した場合のアルミニウムの成膜後の基板と、冷却をしない場合のそれとを比較検討したところ、冷却をした場合においては、図8(a)に示すように、ビアホールに第1および第2のアルミニウム膜が極めて良好に埋め込まれていたのに対し、冷却をしない場合においては、ウエハ上の層間絶縁膜に設けられた全ビアホールのうち、3割程度のビアホールで、図8(b)に示すようにビアホールの底部にアルミニウム膜が完全に埋め込まれず、空間(ボイド)100が生じてしまった。

【0102】ウエハの冷却が十分に行われた場合(図8(a)参照)には、第2の層間絶縁膜とアルミニウム膜との間に、約20 nmのチタン、ケイ素および酸素のアモルファス層と、 $Al_3Ti$ および $AlTi$ の混合反応層とが存在することが確認された。そして、この混合反応層には水や水素などのガス化成分がほとんどないため、混合反応層は第1の金属配線層に強固に密着して形成されている。その結果、ビアホール内のアルミニウム膜(64, 65)と、第1の金属配線層40とは、低く

て安定した接触抵抗で接続される。

【0103】これに対し、ウエハの冷却が行われない場合(図8(b)参照)には、チタン、ケイ素および酸素のアモルファス層が存在せず、 $Al_3Ti$ 反応層が形成される。この反応層にはガス化成分が多く含まれる。その結果、第2のアルミニウム膜を成膜する際に、反応層からガスが発生してボイドの原因となる。そして、ボイドは、ビアホール内のアルミニウム膜と第1の金属配線層との接触抵抗を大きくするだけでなく、エレクトロマイグレーションおよびストレスマイグレーションを発生させ、半導体装置の信頼性に重大な悪影響を及ぼす。

【0104】(3)図7は、セシウム1次イオンの照射による2次イオン質量分析法(SIMS)による測定結果を示す。図7は、第2の金属配線層70の膜構造(TiN膜/Al膜/Ti膜)について求めたSIMSのデータである。図7において、左側の縦軸は、Al膜における、シリコン、水素、窒素および酸素を定量的に示し、右側の縦軸はAl膜以外の層の2次イオン強度を示している。

【0105】図7から、Al膜中では、H、OおよびNは、バックグラウンド・レベルであってSIMSでの限界検出濃度以下であり、ほとんど固溶されないことが確認された。

【0106】本発明において、上述したように、コンタクトホール32およびビアホール62に、第1および第2のアルミニウム膜34, 35ならびに第1および第2のアルミニウム膜64, 65がそれぞれ良好に埋め込まれた理由としては、以下のことが考えられる。

【0107】(a)脱ガス工程を行うことにより、各層間絶縁膜I1, I2、特にBPSG膜30ならびにシリコン酸化膜60に含まれる水や窒素をガス化して十分に放出することにより、その後の第1のアルミニウム膜34および第2のアルミニウム35、あるいは第1のアルミニウム膜64および第2のアルミニウム65の成膜において、BPSG膜30およびバリア層33、あるいはシリコン酸化膜60およびウェットング層63からのガスの発生を防止することができる。その結果、バリア層33と第1のアルミニウム膜34、ならびにウェットング層63と第1のアルミニウム膜64との密着性を高め、良好なステップカバレッジの成膜が可能である。

【0108】(b)第1のアルミニウム膜34および64の成膜において、基板温度を200℃以下の比較的低温に設定することにより、BPSG膜30およびバリア層33、ならびにシリコン酸化膜60およびウェットング層63に含まれる水分や窒素を放出させないようにして、前記脱ガス工程の効果に加えて第1のアルミニウム膜34とバリア層33との密着性、および第1のアルミニウム膜64とウェットング層63との密着性を高めることができる。

【0109】(c)さらに、第1のアルミニウム膜34

【0082】アルミニウムのスパッタは、アルミニウム膜を成膜する前に行ったウエハの冷却の際に用いられたスパッタ装置内で行われる。このように、同一の装置内で冷却工程およびアルミニウムの成膜の工程を行うことにより、基板の移動、設置の工程の減少が図られ、その結果、工程の簡便化および基板の汚染を防止することができる。

【0083】ここで、第1のガス供給路53および第2のガス供給路54からは、いずれもアルゴンガスが供給される。そして、第2のガス供給路54から供給されるガスによって、ウエハWの温度が制御される。

【0084】前記スパッタ装置の構成、ウエハの温度制御およびスパッタ時のパワーについては、第1の金属配線層40の場合と同様なので、詳細な説明を省略する。

【0085】同一チャンバ内で第1のアルミニウム膜64および第2のアルミニウム膜65を連続的に成膜することにより、温度およびパワーの制御を厳密に行うことができ、従来よりも低温でかつ安定したアルミニウム膜を効率よく形成することが可能となる。

【0086】前記第1のアルミニウム膜64の膜厚は、良好なステップカバレッジで連続層を形成することができること、並びに該アルミニウム膜64より下層のウェットング層63および第2の層間絶縁膜I2からのガス化成分の放出を抑制できることなどを考慮して、適正な範囲が選択され、例えば200~400nmが望ましい。また、第2のアルミニウム膜65は、ビアホール62の大きさ並びにそのアスペクト比などによって決定され、例えばアスペクト比が3程度で0.5μm以下のホールを埋めるためには、300~1000nmの膜厚が必要である。

【0087】(反射防止膜の成膜)さらに、別のスパッタチャンバで、スパッタによりTiNを堆積することにより、膜厚30~80nmの反射防止膜66が形成される。その後、Cl<sub>2</sub>とBCl<sub>3</sub>のガスを主体とする異方性ドライエッチャーで前記ウェットング層63、第1のアルミニウム膜64、第2のアルミニウム膜65および反射防止膜66からなる堆積層を選択的にエッチングして、第2の金属配線層70のパターニングを行う。

【0088】このようにして形成された金属配線層70では、アスペクト比が0.5~6で、口径が0.2~0.8μmのビアホール内において、ボイドを発生させることなく良好なステップカバレッジでアルミニウムが埋め込まれることが確認された。

【0089】以後、必要に応じて、第2の配線領域L2と同様にして第3、第4…の多層配線領域を形成することができる。

【0090】以上の方法によって、本発明に係る半導体装置(図2(B)参照)を形成することができる。この半導体装置は、MOS素子を含むシリコン基板11、前記シリコン基板11の上に形成された第1の配線領域L

1およびこの配線領域L1上に形成された第2の配線領域L2を有する。

【0091】第1の配線領域L1は、熱処理によってガス化成分が除去されたBPSPG膜30とシリコン酸化膜20からなる第1の層間絶縁膜I1、前記層間絶縁膜I1に形成されたコンタクトホール32、前記層間絶縁膜I1および前記コンタクトホール32の表面に形成されたバリア層33、および前記バリア層33の上に形成された、アルミニウムあるいはアルミニウムを主成分とする合金からなるアルミニウム膜34、35、を有する。そして、前記アルミニウム膜34は、バリア層33を介してチタンシリサイド層19に接続されている。

【0092】第2の配線領域L2は、熱処理によってガス化成分が除去されたシリコン酸化膜60からなる第2の層間絶縁膜I2、前記層間絶縁膜I2に形成されたビアホール62、前記層間絶縁膜I2および前記ビアホール62の表面に形成されたウェットング層63、および前記ウェットング層63の上に形成された、アルミニウムあるいはアルミニウムを主成分とする合金からなるアルミニウム膜64、65、を有する。

【0093】(実験例)

(1)図5および図6に、第2の配線領域L2における脱ガス工程の有無によってウエハから放出されるガスの量(分圧)の相違を調べるために行った実験結果を示す。

【0094】図5および図6において、横軸はアルミニウム膜の形成前に行われる熱処理(熱処理F)から第2のアルミニウム膜65の成膜後に至るまでの処理のタイミングを示し、縦軸はチャンバ内の残留ガスの分圧を示している。図5および図6において、符号Aで示すラインは、第2の層間絶縁膜I2の形成後に脱ガス工程を経た場合、符号Bで示すラインは、第2の層間絶縁膜I2の形成後に脱ガス工程を経ない場合、を示す。この実験例では、脱ガス工程は、気圧0.27Pa、度460℃、時間120秒で行われた。

【0095】各図において、横軸の符号aおよびbは、アルミニウム膜の成膜前に行われる熱処理F(第1のチャンバ)におけるタイミングを示し、符号aは第1のチャンバ内にウエハを入れた直後の時、符号bはランプ加熱によってウエハを250℃で60秒間加熱した時、を示す。第1のチャンバでは、気圧は2.7×10<sup>-6</sup>Paに設定されている。

【0096】符号cおよびdは、ウエハの冷却工程(第2のチャンバ)におけるタイミングを示し、符号cは第2のチャンバ内にウエハを入れた直後の時、符号dはウエハの温度を20℃まで冷却した時、を示す。第2のチャンバでは、気圧は0.27Paに設定されている。そして、分圧を測定する際には、チャンバの気圧を2.7×10<sup>-6</sup>Paまで減圧した。

【0097】符号e、fおよびgは、アルミニウム膜の

および64自体が、基板温度が上がった場合に下層からのガスの発生を抑制する役割を果たすため、次の第2のアルミニウム膜35および65の成膜を比較的高い温度で行うことができ、第2のアルミニウム膜の流動拡散を良好に行うことができる。

【0110】以上のように、本発明によれば、アルミニウム膜のスパッタ前に少なくとも脱ガス工程と冷却工程を含み、さらに好ましくは同一チャンバ内で連続的にアルミニウム膜を成膜することにより、0.2 $\mu$ m程度までのコンタクトホールおよびビアホールをアルミニウムあるいはアルミニウム合金だけで埋め込むことが可能となり、信頼性および歩留まりの面で向上がはかれた。また、コンタクト部を構成するアルミニウム膜における銅等の偏析や結晶粒の異常成長もなく、マイグレーション等を含めた信頼性の点でも良好であることが確認された。

【0111】なお、上記実施の形態では、2層の配線領域を含む半導体装置について述べたが、本発明はもちろん3層以上の配線領域を含む半導体装置にも適用でき、また、Nチャネル型MOS素子を含む半導体装置のみならず、Pチャネル型あるいはCMOS型素子などの各種の素子を含む半導体装置に適用することができる。

【0112】

【図面の簡単な説明】

【図1】(A)、(B)および(C)は、本発明の半導体装置の製造方法の一例を工程順に模式的に示す断面図である。

【図2】(A)および(B)は、図1に示す工程に続いて行われる半導体装置の製造方法の一例を工程順に模式的に示す断面図である。

【図3】図3(a)は、本発明に係る実施の形態に用いられるスパッタ装置の一例を模式的に示す図であり、図3(b)は、ステージの一例を示す平面図を示す。

【図4】図3(a)に示すスパッタ装置を用いて基板温度を制御したときの、時間と基板温度との関係を示す図である。

【図5】本発明に係る半導体装置の製造方法における、

処理タイミングとチャンバ内の残留ガス(水)の分圧の関係を示す図である。

【図6】本発明に係る半導体装置の製造方法における、処理タイミングとチャンバ内の残留ガス(窒素)の分圧の関係を示す図である。

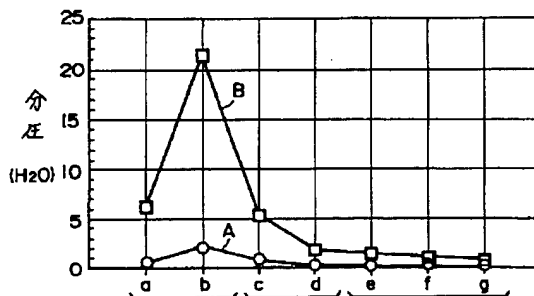
【図7】第2の金属配線層構造におけるSIMSのデータを示す図である。

【図8】図8(a)は、ウエハを冷却した後に、アルミニウムを成膜した場合における、ウエハの断面の電子顕微鏡写真の図を示し、図8(b)は、ウエハを冷却せずに、アルミニウムを成膜した場合におけるウエハの断面の電子顕微鏡写真の図を示す。

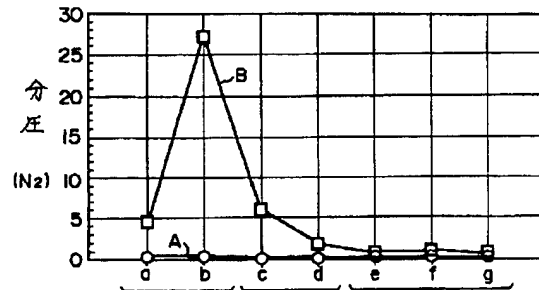
【符号の説明】

- 11 シリコン基板
- 12 フィールド絶縁膜
- 13 ゲート酸化膜
- 14 ゲート電極
- 15 低濃度不純物層
- 16 高濃度不純物層
- 17 側壁スペーサ
- 18, 20 シリコン酸化膜
- 19 チタンシリサイド層
- 30 BPSG膜
- 32 コンタクトホール
- 33 バリア層
- 34 第1のアルミニウム膜
- 35 第2のアルミニウム膜
- 60(60a, 60b, 60c) シリコン酸化膜
- 62 ビアホール
- 63 ウェットング層
- 64 第1のアルミニウム膜
- 65 第2のアルミニウム膜
- I1 第1の層間絶縁膜
- I2 第2の層間絶縁膜
- L1 第1層の配線領域
- L2 第2層の配線領域

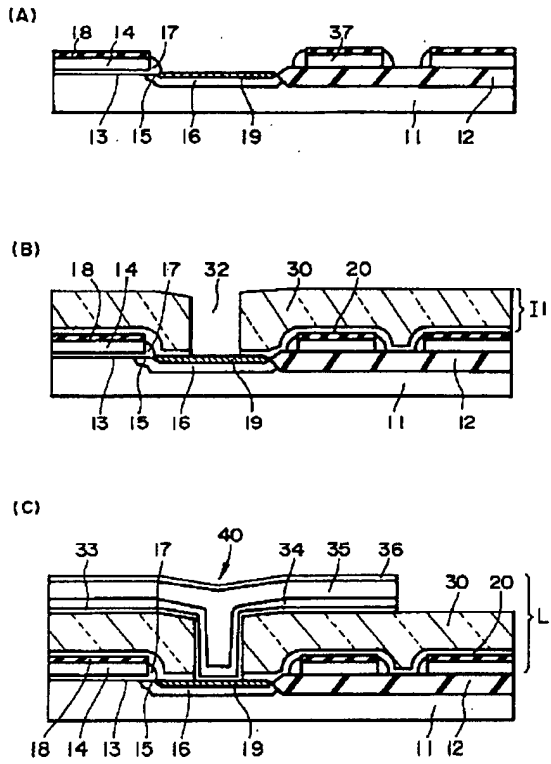
【図5】



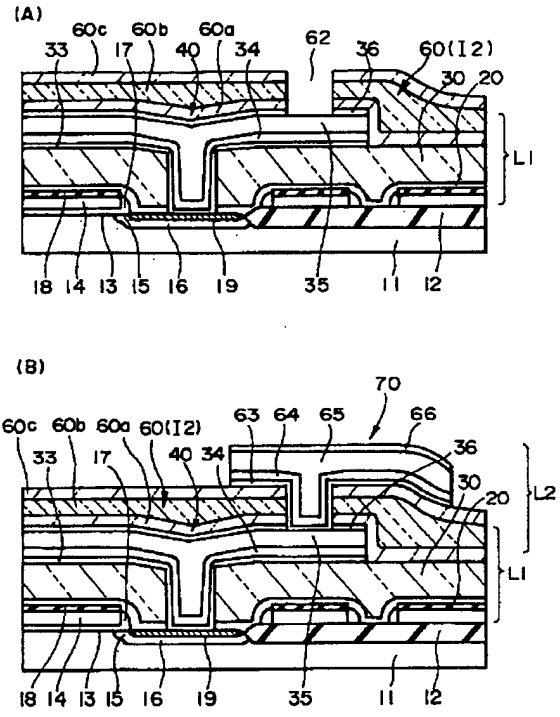
【図6】



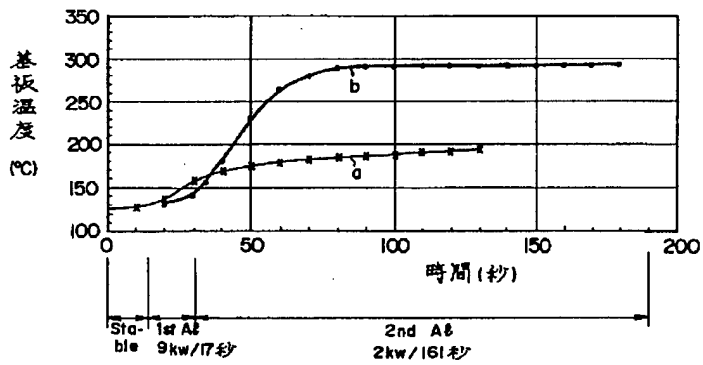
【図1】



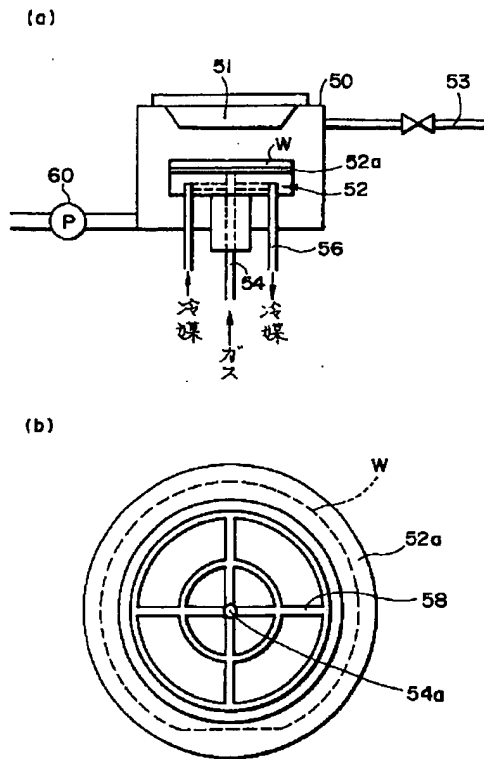
【図2】



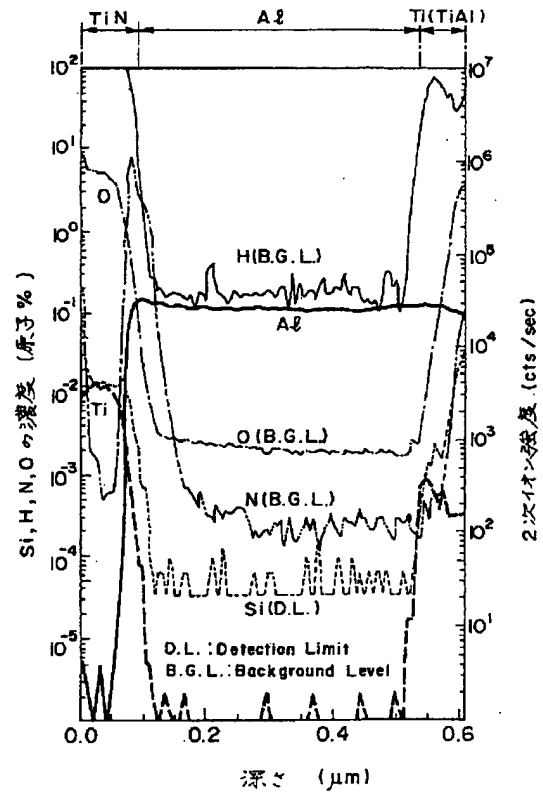
【図4】



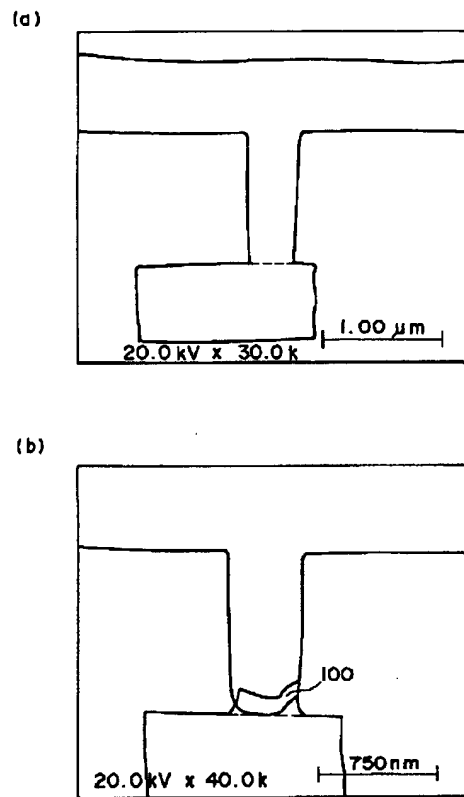
【図3】



【図7】



【図8】



---

フロントページの続き

(72)発明者 松本 和己  
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコ  
ーエプソン株式会社内